

学位論文審査結果の要旨

学位申請者 氏 名	Kittipon Aparatana
審査委員	主査 琉球 大学 教授 平良 英三
	副査 琉球 大学 教授 鹿内 健志
	副査 佐賀 大学 教授 田中 宗浩
	副査 鹿児島大学 准教授 紙谷 喜則
	副査 琉球 大学 准教授 光岡 宗司
審査協力者	
題 目	Development of high accurate evaluation system for sugarcane quality using combined non-destructive analysis (非破壊センサーの複合利用によるサトウキビの高度品質評価システムの開発)
<p>サトウキビは甘味資源・エネルギー作物であり、我が国では南西諸島を中心に栽培されている。サトウキビの価格は、旋光糖度 (Pol 糖度) を基準測定法とする甘しや糖度で買取価格が決定するため、収穫前の品質情報は生育調査や収穫時期の判定に重要な指標となっている。一方、Pol 糖度の測定には、搾汁・圧搾の物理的処理、酢酸鉛によるろ過処理を必要とし、圃場現場における品質評価は困難である。本研究では卓上型の近赤外分光装置 (NIR 装置)、ポータブル型の可視・近赤外分光装置 (Vis-NIR 装置)、および無人航空システム (UAV) の空撮画像によるサトウキビ品質評価システムの開発を行った。これらの 3 つの計測法により、サトウキビ搾汁液、茎の Vis-NIR スペクトル、非接触によるサトウキビ葉の反射率を段階的に測定した。</p> <p>第一の段階として搾汁液の Pol 糖度を従来計測法 (屈折計と旋光計) で測定し、同時に卓上型 NIR 装置で近赤外スペクトルを取得して、NIR 装置のみで Brix および Pol 糖度を推定する検量モデルを開発した。Brix を推定する検量モデルでは、スペクトルの前処理が推定精度に影響を与えることを明らかにし、SNV 処理 (標準正規化処理) が PLSR モデルに有効</p>	

であり、検証サンプルに対する決定係数 (R^2) が 0.99, 予測標準誤差 (RMSEP) が 0.2% であった。Pol 糖度の検量モデルでは 2 次微分処理による前処理が有効であり、PLSR による検量モデルでは良好な精度を得た ($R^2 = 0.99$, RMSEP = 0.3%)。

次に、第二段階としてポータブル型 Vis-NIR 装置を使用してサトウキビ茎の Vis-NIR スペクトルを測定した。茎の Vis-NIR スペクトルから直接的に茎の Pol 糖度を推定する検量モデルを、第一実験を応用して開発した。ポータブル型 Vis-NIR 装置を用いた茎の糖度検量モデル開発では、近赤外スペクトルが表皮の物理的特性の影響を受け、微分処理による前処理が定量分析に有効であることが確認された。2 次微分スペクトルを用いた重回帰モデルがもっとも推定精度が高い結果となった ($R^2 = 0.70$, RMSEP = 1.4%)。Pol 糖度の検量モデル作成においては、SNV 処理と 2 次微分処理の組み合わせが最適であった ($R^2 = 0.70$, RMSEP = 1.4%)。これらの結果から、ポータブル型 Vis-NIR 装置を用いることで、圃場での品質評価 (ブリックス, Pol 糖度) が可能であり、成熟度の指標となる純糖率 (Pol 糖度と Brix の比率) 算出も可能であることを示した。

第三段階として、サトウキビ圃場の上空から撮影した UAV 画像による品質評価の可能性を検討した。ここでは、ポータブル型 Vis-NIR 装置で取得した Pol 糖度を活用して、圃場一面の糖度推定を行うために、UAV マルチスペクトル画像 (5 バンド) による植生指数 (VI) と関心領域サイズ (50×50、100×100、150×150、200×200 ピクセル) を検討した。その結果、NDVI, CIRedEdge, および SRPIb がサトウキビの Brix と Pol 糖度と相関があることを確認した。植生指数 (VI) による Pol 糖度推定は、SRPIb と CIRedEdge の相関が高く、NDVI の相関は低いことが示された。特に SRPIb 画像に基づく Pol 推定モデルは最も相関が高く、150×150 の画像サイズの場合、決定係数 (R^2) は 0.85, RMSECV は 0.5% となった。一方、関心領域が 50×50 サイズの画像は、ピクセル数が少ないため葉以外の情報が相対的に大きく反映され、相関係数は最も低くなった。さらに、各バンドの画像による Pol 糖度推定について、重回帰分析を用いて解析した結果、最も影響力のあるバンドは NIR レッドエッジ、赤、青および緑のバンドの順であった。これらは水、糖、およびクロロフィルによる吸収バンドと関連していることを明らかにした。

以上の結果は、農業食料工学分野における実用的な研究成果をもたらし、圃場現場での収穫前サトウキビの品質評価に直接的に応用できる新しい知見を得たものである。したがって、本論文は博士 (農学) の学位論文として十分な価値を持つと判断した。